

УДК 004.4

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ
ПОВЫШЕНИЯ РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТИ
ЭНЕРГОКОМПЛЕКСОВ
НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩИХ КОМПАНИЙ**

А.В. Кудинов, Н.Г. Марков

Томский политехнический университет
E-mail: kudinov@tpu.ru

Разработаны информационные технологии, позволяющие повысить ресурсоэффективность энергетических комплексов нефтегазодобывающих компаний, потребляющих на промыслах электроэнергию как от внешних поставщиков, так и электроэнергию собственной генерации. Описаны задачи повышения ресурсоэффективности энергокомплексов, разработано автоматизированное рабочее место для специалистов энергослужб. Предложен оригинальный способ сбора и передачи (доставки) технологических данных с нижних уровней управления энергокомплексом промысла на верхние уровни управления компанией.

Ключевые слова:

Информационные технологии, ресурсоэффективность энергокомплексов, нефтегазодобывающие компании.

Кудинов Антон Викторович,
канд. техн. наук, доцент кафедры
вычислительной техники, заве-
дующий лабораторией геоинфор-
мационных систем Института
кибернетики ТПУ.

E-mail: KudinovAV@tpu.ru

Область научных интересов: раз-
работка и научное обоснование
MES для нефтегазовой отрасли,
геоинформационные системы и
технологии.

Марков Николай Григорьевич,
д-р техн. наук, профессор, заве-
дующий кафедрой вычислитель-
ной техники Института киберне-
тики ТПУ.

E-mail:

MarkovNG@vostokgazprom.ru

Область научных интересов: ав-
томатизация деятельности нефте-
газодобывающих компаний.

В настоящее время на промыслах многих нефтегазодобывающих компаний (НГДК) используется электроэнергия как от внешних поставщиков, так и от собственных генерирующих мощностей. Это ведёт к значительному усложнению энергокомплексов на промыслах. Учитывая большую протяженность энергосетей из-за удалённости промыслов от источников электроэнергии сторонних поставщиков, большую пространственную распределённость самих промыслов и их удалённость от офисов компании, а также суровые климатические условия при обслуживании энергокомплексов, актуальными являются задачи повышения ресурсоэффективности таких энергокомплексов.

В статье рассматриваются информационные технологии, позволяющие решать задачи повышения ресурсоэффективности энергокомплексов промыслов НГДК. Показано, как с помощью таких технологий автоматизируются процессы эксплуатации энергокомплексов и повышается их ресурсоэффективность.

Задачи повышения ресурсоэффективности энергокомплексов промыслов

При эксплуатации скважинного фонда, установок подготовки нефти (газа и газового конденсата), систем поддержки пластового давления, бытовой инфраструктуры и т. д. современного промысла требуются значительные затраты электроэнергии. Обычно на таких промыслах имеются крупные энергокомплексы, причём во многих случаях наряду с протяжёнными электросетями и подстанциями, позволяющими получать электроэнергию от сторонних поставщиков, используется оборудование для генерации собственной электроэнергии. Отметим, что в связи с ужесточением законодательства по утилизации попутного нефтяного газа, сжигание его в факелах с 2012 г. должно быть сведено к минимуму. Это стимулирует нефтегазодобывающие компании к созданию на промыслах газотурбинных электростанций на ПНГ. Соответственно, всё в больших объёмах на промыслах генерируется собственная электроэнергия, однако и усложняются энергокомплексы.

Основные бизнес-процессы при эксплуатации энергокомплекса промысла, в первую очередь, связаны с обслуживанием и ремонтом входящего в его состав оборудования. Управление основными бизнес-процессами ведётся с помощью процессов планирования и контроля выполнения планов обслуживания и планово-предупредительных ремонтов (ППР) оборудования.

При проведении обслуживания, ППР и капитальных ремонтов оборудования энергокомплекса используются материальные ресурсы (расходные материалы, запчасти, транспорт для проезда к объектам и т. д.) и человеческие ресурсы. При этом возникает комплексная задача по снижению затрат (материальных и человеческих ресурсов, а в случае сторонних поставщиков и финансовых ресурсов) на единицу электроэнергии от сторонних поставщиков и при выработке единицы собственной электроэнергии. Иными словами, стоит комплексная задача повышения ресурсоэффективности при эксплуатации всех энергокомплексов НГДК.

В свою очередь, такая комплексная задача распадается на несколько задач. Первая из них касается ресурсосбережения при обслуживании и проведении ППР оборудования. Вторая задача связана с учётом электроэнергии и обеспечением оптимального режима электроснабжения объектов промысла с учётом разных источников электроэнергии (от внешних поставщиков и собственных генерирующих мощностей).

Магистральным путём при решении задач повышения ресурсоэффективности энергокомплексов является использование современных информационных технологий.

Архитектура информационно-управляющей системы

Для автоматизации решения сформулированных выше задач предлагается создать многоуровневую информационно-управляющую систему нефтегазодобывающей компании. Нижним уровнем системы является уровень датчиков, устанавливаемых на энергооборудовании промысла (электроподстанции, электродвигатели компрессоров и т. п.). К датчикам относятся также цифровые электросчётчики. Вторым уровнем системы служит уровень контроллеров, которые должны устанавливаться на электроподстанциях и (или) в отдельных блок-боксах вблизи эксплуатируемого электрооборудования. Контроллеры собирают технологические данные с цифровых электросчётчиков, аварийные сигналы, данные о наличии/состоянии отдельных ячеек подстанций и т. д. Примерами контроллеров, часто используемых для решения задач сбора и предварительной обработки технологических данных, могут служить контроллеры известных фирм-производителей, адаптированные к суровым климатическим условиям, в которых работают НГДК. Наиболее распространённым в сибирском регионе является семейство контроллеров компании Siemens. Технологические данные от контроллеров по каналам связи (проводным, радиоканалам и т. д.) поступают на третий уровень системы, представляющий из себя программно-аппаратный комплекс (часто именуемый SCADA), расположенный в диспетчерской сетевого района промысла. Работа диспетчера-энергетика с таким программно-аппаратным комплексом должна позволять в режиме реального времени контролировать работу всего энергокомплекса промысла (напряжение сети, загрузку трансформаторов, режимов отключений-включений и т. д.). На основе мониторинга технологических параметров диспетчер-энергетик, анализируя работу энергооборудования, должен принимать решения и управлять энергокомплексом.

Анализ показывает, что функционал рассмотренных трёх уровней информационно-управляющей системы аналогичен функционалу традиционных автоматизированных систем контроля и учёта энергоресурсов (АСКУЭ), в том числе применяемых для управления энергокомплексами на ряде промыслов ведущих российских НГДК. Это означает, что на каждом из промыслов компании можно внедрить одну из известных и функционально пригодных АСКУЭ. Однако для решения комплексной задачи повышения ресурсоэффективности энергокомплексов на всех промыслах компании информационно-управляющая система должна иметь дополнительный по отношению к АСКУЭ набор функций. Иными словами, необходимо создать четвёртый уровень управления системы и интегрировать его со всеми АСКУЭ, внедрёнными на промыслах компании. Основными укрупнёнными функциями системы на четвёртом уровне управления должны быть паспортизация оборудования энергокомплексов, формирование пла-

нов и контроль исполнения работ по обслуживанию, ППР и работ по ремонту оборудования, расчёт оптимальных режимов электроснабжения технологических объектов промыслов, формирование ежегодных и ежемесячных заявок на приобретение материалов и запчастей и т. д.

Архитектурной особенностью системы на четвёртом уровне управления является распределённость её компонентов в пространстве. Так, в состав системы должны входить сервера на промыслах (по крайней мере по одному на каждом из них), а также сервер(а) в офисе(ах) компании. На эти сервера должны поступать технологические данные из соответствующих АСКУЭ. На компьютерах пользователей электроцехов на промыслах и служб главного энергетика в офисах должно устанавливаться программное обеспечение, позволяющее по клиент-серверной технологии пользователям (клиентам) получать технологические данные с серверов и вести обработку данных с целью решения поставленных выше задач. Как сервера, так и клиентские места не должны находиться в технологических вычислительных сетях АСКУЭ, а должны быть включены в офисную локальную вычислительную сеть (ЛВС) промысла, а в итоге – в корпоративную вычислительную сеть компании.

Для реализации информационно-управляющей системы описанной архитектуры кроме выбора и внедрения соответствующих АСКУЭ необходимо, *во-первых*, разработать программное обеспечение (ПО) четвёртого уровня системы, а также разработать способ и реализующие его программные средства для интеграции по данным всех АСКУЭ с ПО четвёртого уровня. ПО четвертого уровня предлагается создать с использованием платформы «Магистраль-Восток».

Платформа для автоматизации производственных бизнес-процессов нефтегазодобывающей компании

Корпоративная геоинформационная система управления производством «Магистраль-Восток», созданная в Институте кибернетики Национального исследовательского Томского политехнического университета, является полноценной MES-системой, функционально соответствующей требованиям стандарта ISA S95 «Enterprise-Control System Integration» [1]. Более того, она является платформой для автоматизации производства современных НГДК [2].

В отличие от большинства MES-решений, представленных на рынке и являющихся развитием SCADA и других систем автоматизации производства нижнего уровня, архитектурно «Магистраль-Восток» изначально проектировалась как интеграционная платформа для создания множества систем автоматизации, используемых на предприятии с непрерывным циклом производства; с гибкой моделью данных, облегчающей ее развитие и последующее внедрение разработанных на ее основе систем; с распределенной структурой, отвечающей особенностям крупного бизнеса.

Назначение системы «Магистраль-Восток» состоит в автоматизации решения следующих задач:

- централизованный и распределенный контроль технологических параметров основных технологических процессов и производственного оборудования, а также средств связи, передачи данных и автоматизации производства НГДК;
- выбор оптимальных режимов функционирования оборудования добычи нефти, газа, газового конденсата и первичной переработки сырья, на основе анализа технологических параметров, выполнения инженерных расчетов и построения пользовательских отчетов;
- планирование и контроль исполнения плановых сезонных, предупредительных, поверочных, ремонтных и других работ производственного и технологического характера на промыслах;
- хранение, обработка и использование паспортной информации по оборудованию с геоинформационной привязкой к местности в задачах диспетчеризации, управления ремонтами и для анализа технологических процессов;
- диспетчеризации производства с помощью средств визуализации техпроцессов и режимов работы, регистрации и анализа технологических событий;
- автоматизированной подготовки режимных листов и суточных сводок по производственным показателям;

- ведения производственных планов, касающихся объемов добычи нефти и газа, газового конденсата, их потерь, выбросов в атмосферу и т. д.
- контроль состояния фонда скважин, накопление, обработка и анализ геологических и промысловых данных;
- накопление и анализ результатов химических исследований качества продукции;
- выполнение инженерных расчетов;
- поддержка принятия решений в чрезвычайных случаях.

Модульный принцип создания клиентского приложения для доступа пользователей к данным распределенных баз данных (БД) системы определяет идею базового или типового автоматизированного рабочего места (АРМ). Базовое АРМ – это набор подсистем, призванный решать основные задачи любой производственной службы НГДК путем последующей специализации набора производственных планов, типов паспортизируемого оборудования, технологических параметров, процедур для инженерных расчетов, отчетов, форм ручного ввода, геоинформационной подсистемы и т. д.

Дополнительная (по отношению к базовой) функциональность реализуется созданием новых подсистем для решения задач, специфичных для АРМ специалиста конкретного участка производства (службы). При этом функционально те или иные подсистемы, общие для разных АРМ, могут быть дополнены специфичными возможностями по технологии plug-in. На уровне данных разделение достигается за счет использования механизмов безопасности. На сегодняшний момент разработаны 13 функциональных подсистем платформы, которые позволяют создавать 11 типов АРМ для производственных служб НГДК.

АРМ энергетика

С помощью платформы «Магистраль-Восток» создано ПО четвертого уровня информационно-управляющей системы, получившее название АРМ энергетика.

АРМ энергетика состоит из следующих подсистем базового АРМ:

- технологических параметров и трендов;
- построения отчетов и форм ручного ввода;
- работы с планами и графиками;
- паспортизации электрооборудования.

С помощью информационно-управляющей системы должны быть автоматизированы следующие виды деятельности электроцехов и службы главного энергетика.

1. Осуществление сбора данных о потреблении электроэнергии за месяц, получаемой от сторонних поставщиков и от собственной генерации.
2. Автоматизация подготовки ежемесячной отчетности о потреблении собственной электроэнергии для внутреннего использования и для сторонних организаций.
3. Планирование почасового фактического потребления электроэнергии промыслом.
4. Планирование и отслеживание исполнения работ по обслуживанию и ППР электрооборудования.
5. Оперативный контроль состояния схемы электроснабжения промысла с удаленных рабочих мест специалистами электроцехов и диспетчерами сетевого района.

В контексте решения задач ресурсосбережения можно выделить следующие основные цели внедрения системы на энергокомплексах НГДК.

1. Сокращение затрат человеческих ресурсов на ежемесячный сбор данных о потреблении электроэнергии и на построение ежемесячной отчетности.
2. Сокращение финансовых затрат на оплату разницы между плановым и фактическим потреблением электроэнергии от сторонних поставщиков за счет более точного оперативного планирования потребления ее на промыслах.
3. Сокращение трудозатрат и сроков подготовки годового плана обслуживания и ППР электрооборудования.

4. Повышение исполнительской дисциплины в части выполнения обслуживания и ППР электрооборудования за счет оперативного контроля таких работ руководством электроцехов и службы главного энергетика.
5. Сокращение трудозатрат и времени на подготовку годовой и оперативных заявок на материальные ресурсы энергокомплексов в рамках проведения заявочной кампании.
6. Контроль состояния сети электроснабжения в режиме реального времени для оперативного принятия управленческих решений.

Опишем общую схему функционирования АРМ энергетика.

Сбор технологических данных с созданных на промыслах АСКУЭ по протоколу OPC осуществляется в режиме реального времени, затем происходит передача этих данных в распределенный банк технологической информации, базирующийся на серверах в офисных ЛВС. Этот этап выполняется автоматически и, при наличии связи между серверами, составляет не более 15 минут. После этого данные становятся доступны с любого рабочего места специалиста, где установлено ПО АРМ энергетика.

Все получаемые от АСКУЭ технологические параметры становятся доступны пользователям АРМ энергетика через подсистему технологических параметров и трендов.

Пользователи анализируют данные при помощи построения различных отчетов и трендов, содержащих информацию как за предыдущие периоды времени, так и за текущий день. Также удобным инструментом анализа является общая технологическая схема сети электроснабжения предприятия, на которой отображаются в режиме реального времени значения ключевых технологических параметров объектов энергокомплексов. На рис. 1 приведен фрагмент такой схемы. Также используются мнемосхемы электрооборудования (рис. 2).

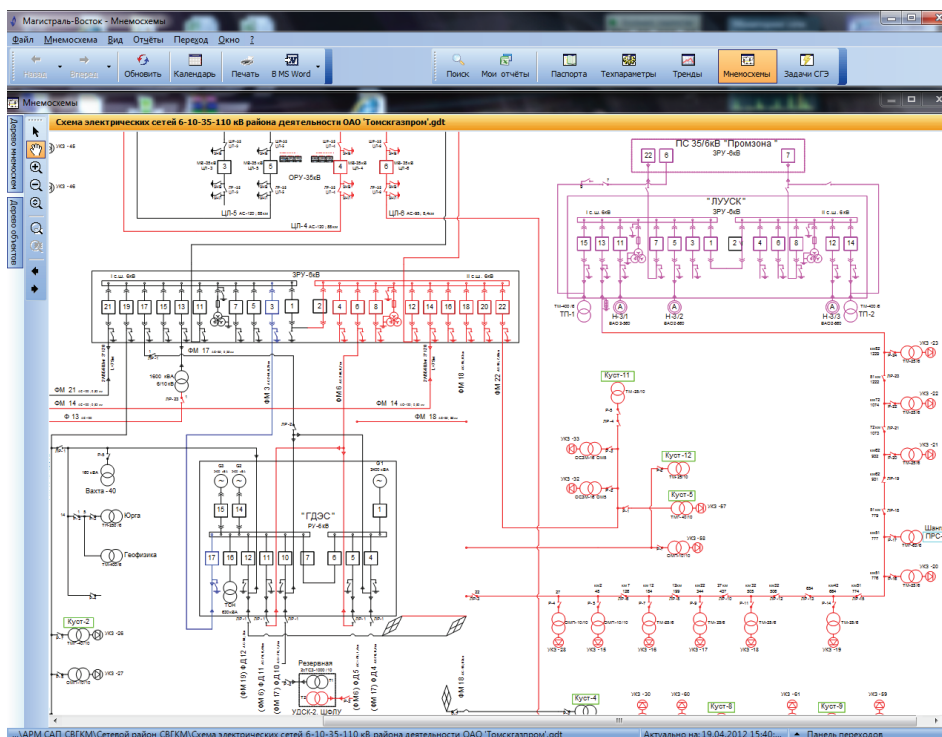


Рис. 1. Фрагмент технологической схемы сети электроснабжения НГДК

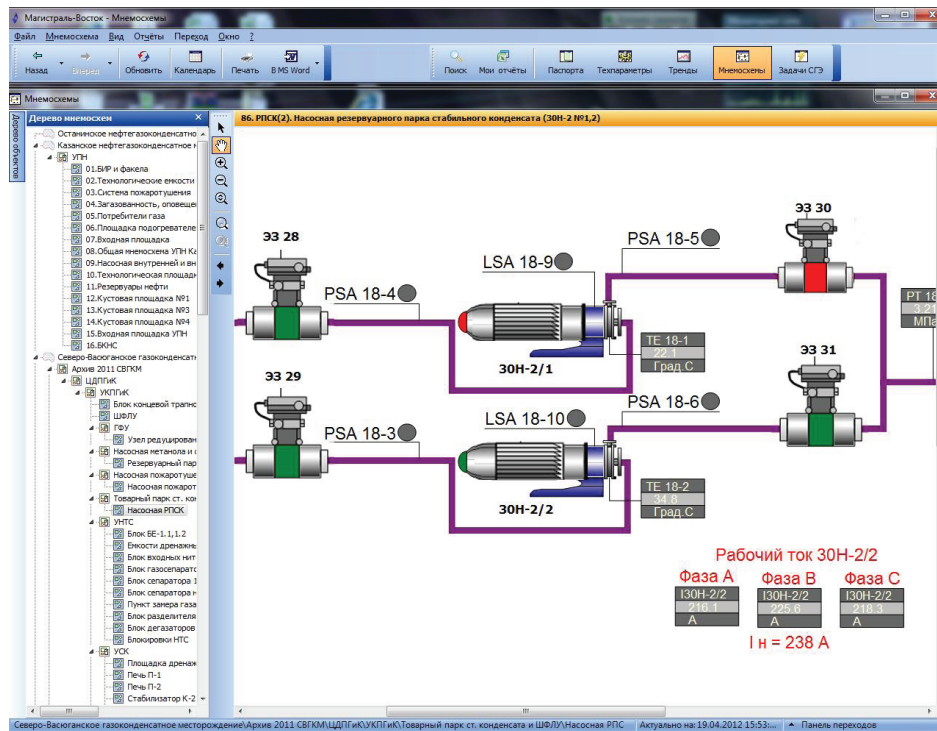


Рис. 2. Пример мнемосхемы электрооборудования

Важной функцией АРМ энергетика является планирование обслуживания и ППР электрооборудования. В функции АРМ входят как построение годовых графиков ППР, так и ежемесячных журналов ППР с возможностью автоматизированного контроля исполнения графиков (рис. 3). Другой актуальной задачей, которая решается с помощью данного АРМ, является автоматизированная поддержка заявочной кампании по снабжению энергокомплексов материальными ресурсами. Ее суть для специалистов заключается в том, чтобы правильно подготовить, подать и согласовать годовые и оперативные заявки на необходимые запчасти и материалы от электроцехов в отделе материально-технического снабжения. Это необходимо для своевременного обеспечения материальными ресурсами для ремонта и технического обслуживания электроприборов и оборудования.

Крайне важной функцией АРМ энергетика является составление ежемесячных и годовых балансов электроэнергии, учитывающих источники электроэнергии (сторонних поставщиков и собственные генерирующие мощности). На рис. 4 приведен фрагмент ежемесячного баланса электроэнергии.

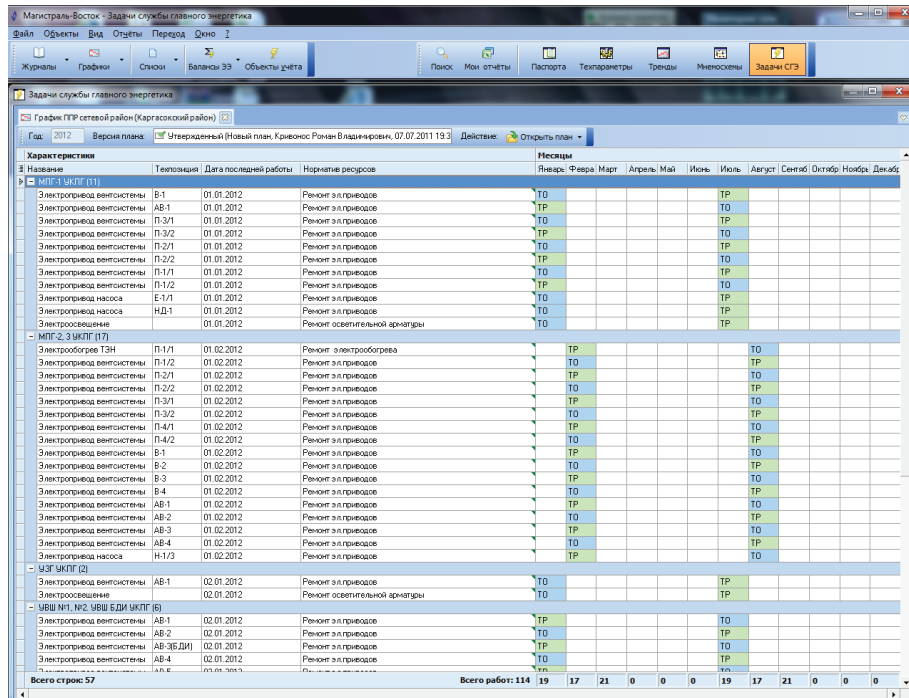


Рис. 3. Пример плана-графика ППР электрооборудования

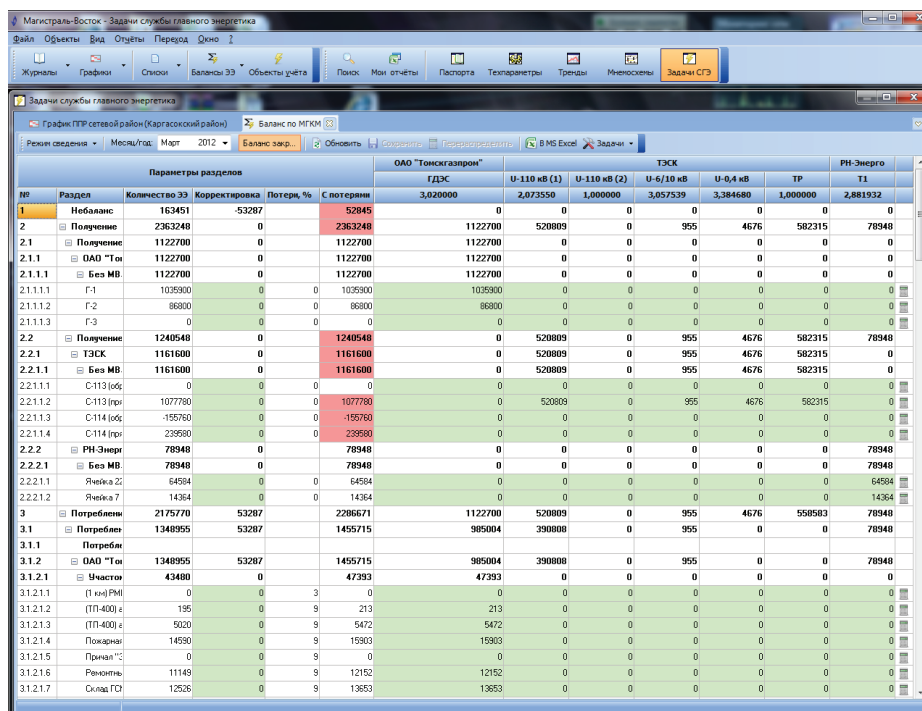


Рис. 4. Пример ежемесячного баланса электроэнергии НГДК

Способ сбора и передачи (доставки) технологических данных от АСКУЭ в АРМ энергетика

Предложен оригинальный способ сбора и передачи (доставки) технологических данных на верхние уровни управления НГДК от используемых на промыслах АСКУЭ. Ключевыми его особенностями, обеспечивающими информационную защиту передаваемых данных, является использование сервисно-ориентированной и двухзвенной архитектуры программного средства

доставки данных, реализующего данный способ. Использование сервисно-ориентированной архитектуры, элементом которой являются веб-сервисы, позволяет выполнить все предъявляемые в НГДК требования по информационной безопасности к средствам доставки технологических данных. Протоколом обмена данными при использовании веб-сервисов является SOAP (Simple Object Access Protocol), использующий формат XML, поэтому имеется возможность фильтрации всего трафика от АСКУЭ на четвертый уровень системы межсетевым экраном. Предложенная двухзвенная архитектура программного средства сбора и передачи технологических данных позволяет передающей части этого средства находиться в технологической локальной вычислительной сети промысла (или АСКУЭ) вместе с OPC-сервером, принимающим данные от АСКУЭ, а другой части в виде веб-сервиса, выполняющего функцию приемника данных в XML-формате, находиться вместе с OPC-адаптером, отвечающим за доставку данных потребителям, в офисной ЛВС.

Принимающий данные веб-сервис представляет собой «пассивный» интерфейс, т. е. все действия инициируются передающей частью, расположенной в технологической ЛВС. Это удовлетворяет самым жестким требованиям информационной безопасности в НГДК, т. к. исключает интерфейс доступа к данным АСКУЭ в технологическую сеть.

Средством обеспечения надежности предлагаемого способа является механизм буферизации, который позволяет исключить потери данных при отсутствии связи между технологической и офисной вычислительными сетями (по аналогии со спецификацией OPC HDA). Для реализации этого механизма может быть использована БД под управлением СУБД или организован файловый буфер, накапливающий технологические данные до восстановления соединения между сетями.

При реализации предлагаемого способа следует использовать ряд подходов, позволяющих уменьшить объем пакетов передаваемых технологических данных.

Для исследования эффективности предложенного способа он реализован в виде программы, относящейся к классу OPC-клиентов [3]. Проведено исследование его производительности при доставке данных. Аналогичные исследования выполнены также для OPC Easy Connect Suite компании Softing и XML-Data Access Gateway компании Advosol, являющихся широко распространенными OPC-клиентами, реализующими спецификацию OPC XML DA.

Анализ результатов исследования (рис. 5) показал, что разработанный OPC-клиент дает значительный выигрыш в производительности по сравнению с аналогами. Например, при пропускной способности канала передачи данных 1 Мбит/с разработанный OPC-клиент может доставить 8 тысяч значений (каждое значение – кортеж атрибутов) технологических параметров за 1 минуту против 4...6 тысяч значений, обеспечиваемых OPC-клиентами Easy Connect Suite и Data Access Gateway.

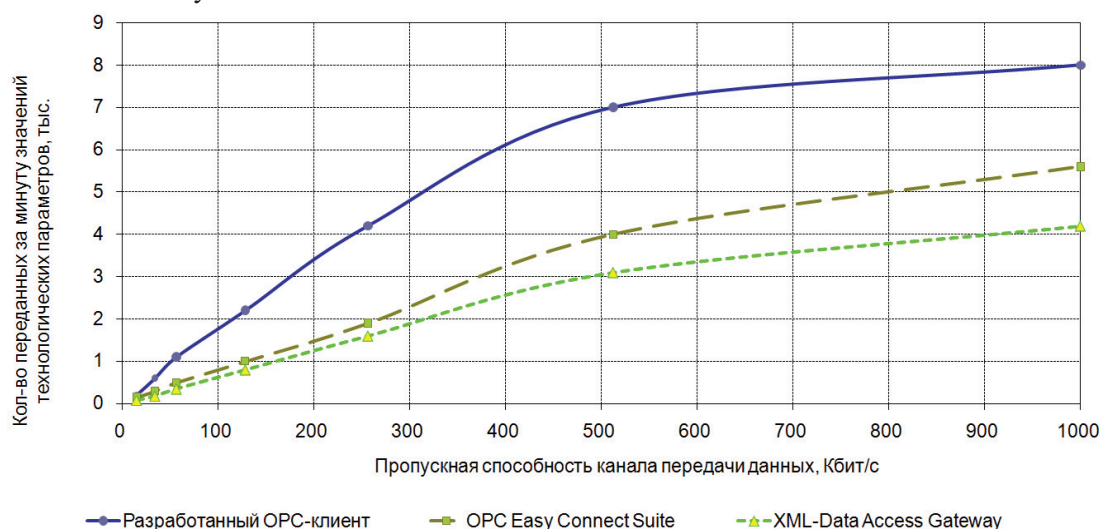


Рис. 5. Зависимость количества переданных за минуту значений технологических параметров от пропускной способности канала передачи данных

Этот выигрыш объясняется следующими факторами. *Во-первых*, в OPC-клиенте реализована не XML DA спецификация, а оригинальный интерфейс доступа к технологическим данным, XML-схемы которого более простые и, следовательно, размер передаваемых пакетов тех же данных значительно снижен. *Во-вторых*, значения технологических параметров в передаваемых пакетах группируются по времени, т. к. при передаче значений параметров в асинхронном режиме (этот режим наиболее распространен в нефтегазовой отрасли), атрибут «время поступления значения» большинства значений одинаков. *В-третьих*, уменьшен объем пакетов за счет использования коротких имен тегов в пакетах. *В-четвертых*, в пакетах передаются не сами значения технологических параметров, а разница текущего и предыдущего значений параметра.

Разработана архитектура ПО OPC-клиента, созданного на основе предложенного способа сбора и передачи (доставки) технологических данных и подключаемого к АРМ энергетика с помощью универсального OPC-адаптера. OPC-клиент разработан на языке Delphi в среде CodeGear Delphi 2007.

Из рис. 6 следует, что технологические данные от каждой АСКУЭ становятся доступны внешним приложениям через соответствующий ей OPC-сервер, откуда снимаются OPC-клиентом и поступают на ближайший сервер БД АРМ энергетика, находящийся в офисной ЛВС промьсла. Затем часть этих данных с каждого сервера промьсла поступает на сервер в ЛВС центрального офиса компании и используется специалистами службы главного энергетика.



Рис. 6. Архитектура ПО разработанного OPC-клиента

Апробация информационно-управляющей системы

Разработанная информационно-управляющая система прошла апробацию в ОАО «Томскгазпром». АСКУЭ на промыслах компании созданы на базе контроллеров SIMATIC S7-1200 и SCADA-системы (верхний уровень АСКУЭ) фирмы Siemens. В состав АСКУЭ на сего-

дня включено более 170 цифровых электросчетчиков и несколько десятков других датчиков. Четвертый уровень системы – АРМ энергетика – внедрен на более чем 30 рабочих местах специалистов электроцеха и отдела главного энергетика, находящихся как в офисных ЛВС промыслов, так и в центральном офисе компании в г. Томске.

Сегодня система позволяет специалистам получать в реальном времени актуальную информацию о работе энергокомплексов промыслов. Если раньше для снятия технологических данных, например, с электросчетчиков, электрику необходимо было периодически выезжать на объекты, то теперь сбор этих данных осуществляется автоматически. Это позволяет экономить человеческие ресурсы. Более того, мониторинг состояния сетевых районов позволяет диспетчерам-энергетикам оперативно регулировать нагрузки (в итоге экономить электроэнергию), контролировать режим отключений и включений электрооборудования, оперативно реагировать на внештатные ситуации.

Проведена паспортизация всего электрооборудования компании, сейчас БД системы по такому оборудованию включает несколько десятков тысяч записей. Это позволило на основе паспортных данных о периодах обслуживания оборудования формировать годовые и ежемесячные графики его обслуживания и ППР. Используя эти графики и нормативы на расход материальных ресурсов для выполнения требуемых работ, создаются годовые и оперативные заявки на необходимые для этого материалы и запчасти. При этом за период опытной эксплуатации системы отмечено сокращение трудозатрат на подготовку графиков обслуживания и ППР и на проведение заявочной кампании (экономия человеческих ресурсов), а также снижение потребления материальных ресурсов. Более того, повысилась исполнительская дисциплина при выполнении обслуживания и ППР электрооборудования, поскольку возросла оперативность контроля этих работ со стороны руководства.

Компания использует на промыслах электроэнергию как от внешних поставщиков, так и электроэнергию собственно генерации, в том числе, от газотурбинных электростанций на ПНГ. Система позволяет обеспечить наиболее оптимальный режим электроснабжения промыслов с учетом разных источников электроэнергии и оперативного формирования управляющих воздействий на энергокомплексы. Наметилось сокращение финансовых затрат компании на оплату электроэнергии сторонних поставщиков из-за снижения разницы между плановым и фактическим потреблением электроэнергии от сторонних поставщиков за счет более точного оперативного планирования ее потребления.

В заключение следует сказать, что положительные результаты апробации информационно-управляющей системы в ОАО «Томскгазпром» подтверждают эффективность разработанных архитектуры, алгоритмических и программных средств системы. Более того, апробация системы позволила сделать вывод о перспективности использования разработанных информационных технологий при решении ряда задач повышения ресурсоэффективности энергокомплексов нефтегазодобывающих компаний.

Работа выполнялась по тематике госбюджетной НИР № 8.2289.2011 в рамках государственного задания «Наука».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ANSI/ISA-95.00.01-2000 Enterprise-Control System Integration Part 1: Models and Terminology // ISA – The International Society of Automation. 2012. URL: http://www.isa.org/Template.cfm?Section=Shop_ISA&Template=/Ecommerce/ProductDisplay.cfm&Productid=2612 (дата обращения: 12.04.2012).
2. Богдан С.А., Кудинов А.В., Марков Н.Г. Опыт внедрения MES «Магистраль-Восток» в нефтегазодобывающей компании // Автоматизация в промышленности. – 2010. – № 8. – С. 53–58.
3. Вейбер В.В., Кудинов А.В., Марков Н.Г. Задача сбора и передачи технологической информации распределенного промышленного предприятия // Известия Томского политехнического университета. – 2011. – Т. 319. – № 5. – С. 151–156.

Поступила 24.04.2012 г.